Archive of SID

مدیریت تولید از مخازن شکافدار، استراتژی اثر بخش در صیانت از سرمایه های ملی کشور

سعید سجادیان [۱]
شرکت نفت و گاز اروندان
(ssajjadian@yahoo.com)

چکیده

سهم غیر قابل انکار مخازن شکافدار در تولید نفت کشور و قرار گرفتن اکثر آنها در نیمه دوم عمر خود، بر لزوم برداشت صیانتی از این مخازن برای تداوم تولید در سالهای آتی تأکید می نماید. چگونگی افزایش ضریب بهره برداری و اعمال روش های متداول ازدیاد برداشت در سایر نقاط جهان از یکسو و محیط متخلخل و مکانیزم های خاص این مخازن از سوی دیگر سبب عدم اتفاق نظر و ایجاد چالش های گوناگون در انتخاب بهترین سناریوی تولید شده است بطوریکه گاه در این مباحث اصول اولیه و بنیادین مهندسی مخازن و بالاخص تجربه یک صد سال تولید از بزرگترین و پیچیده ترین مخازن شکافدار دنیا بدست فراموشی سپرده می شود. یکی از مباحث مهم که اغلب نادیده گرفته می شود تأثیر میزان دبی تولید نفت بر عملکرد مخازن بویژه مخازن شکافدار است. به طور کلی میزان دبی بالای تولید برای مخازن نفتی اعم از معمول و شکافدار مضر می باشد که بخصوص در مخازن شکافدار بخاطر وجود محیط متخلخل دوگانه اثرات منفی دبی بالای تولید شدیدتر بوده و جبران آن غیر ممکن و زمان بر می باشد و پس از کاهش تولید مخزن دیگر به شرایط اولیه باز نمی گردد.

در این مقاله تاثیر میزان تولید بر روی عملکرد مخازن شکافدار از جهات مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعه انجام شده نشان از رابطه عکس نحوه عملکرد مخزن با میزان دبی تولیدی دارد و میزان تولید را فاکتور تعیین کننده در موفقیت و عدم موفقیت سناریوهای آتی تولید و ازدیاد برداشت معرفی می نماید.

واژه‌های کلیدی: شکافدار طبیعی، روش های ازدیاد برداشت، تولید بهینه، ضریب بهره برداری

۱- کارشناس ارشد مطالعات مخزن

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

مخازن شکافدار بر خلاف مخازن متداول (مخازن غیر شکافدار) دارای ۲ نوع محیط متخلخل، ماتریکس و شکاف می باشند. خصوصیات متفاوت ماتریکس (تخلخل زیاد- تراوایی کم) و شکاف (تخلخل کم- تراوایی زیاد) مکانیزمهای تولید خاصی را در مخازن شکافدار فعال نموده اند و به میزان قابل توجهی سناریوهای متداول تولید و روش های ازدیاد برداشت را تحت تأثیر خود قرار داده اند. تصور کلی درباره مخازن شکافدار، تولید مقطعی بسیار زیاد، کاهش سریع تولید و ضریب برداشت بسیار پایین می باشد حال آنکه این تصور ناشی از عدم آگاهی نقش ماتریکس و شکاف در فرآیند تولید و معیار قراردادن تجربیات حاصل از برداشت های غیر علمی و بدون مطالعه گذشته می باشد که بازنگری تاریخچه تولید همان سناریو های تولیدی اشتباه از میادین شکافدار ملاک قضاوت قرار گرفته است.

۲- خصوصیات خاص مخازن شکافدار در حین تولید

تولید در مخازن شکافدار تاثیرات مخصوص به خود را نشان می دهد که از آن جمله می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱- بخاطر تراوایی بالای شبکه شکافها، افت فشار اطراف یک چاه تولیدی بسیار کم است و گرادیان های فشار نقش موثری را در تولید ایفاء نمی کنند. میزان خروج نفت تحت کنترل مکانیزم های انتقال سیال مابین ماتریکس و شکاف می باشد.

۲- در مخازن شکافدار که ماتریکس از تراوایی نسبتا خوبی برخوردار می باشد میزان افت فشار مخزن به نسبت تولید، در مقایسه با دیگر مخازن غیر شکافدار کم می باشد. این امر ناشی از انبساط بهتر سیال در محیط متخلخل و فعال شدن مکانیزم انبساط حجمی می باشد که انتقال پیوسته نفت را از ماتریکس به شکاف در حین تولید میسر می سازد.

۳- گاز تولیدی همراه نفت در مخازن شکافدار اصولاً کم می باشد. جریان گازهای محلول آزاد شده قبل از رسیدن به چاه تولیدی، از طریق شکافهای عمودی به قسمت فوقانی مخزن حرکت نموده و در آنجا با تشکیل کلاهک گازی ثانویه و یا پیوستن به کلاهک گازی موجود، سبب انبساط آن می شوند.

۴- عدم وجود ناحیه انتقالی در مخازن شکافدار (در شبکه شکافها). سطوح تماس آب-نفت و گاز-نفت بدون هیچگونه ناحیه انتقالی در مخزن مشخص می باشند. وجود شبکه شکافها با تراوایی بالا مکانیزم هایی را فراهم می آورد که سطوح سیال در مخزن پس از هر شوکی ناشی از تولید سریع به تعادل می رسند.

۵- تولید آب در مخازن شکافدار دقیقا تابعی از میزان تولید می باشد و خصوصیات پتروفیزیکی سنگ مخزن و خصوصیات سیال به طور مستقیم بر روی تولید آب همراه نفت اثر می گذارند.

۶- در حین تولید از مخازن شکافدار به علت وجود شبکه شکافها، جریان همرفت سیال فعالتر می شود و اثر آن یکسان سازی و همسان نمودن خصوصیات سیال در راستای ضخامت مخزن می باشد. در صورتیکه در مخازن معمولی (بدون شکاف) فشار نقطه حباب با عمق کاهش می یابد.

۳- مکانیزم های تولید در مخازن شکافدار

با توجه به وجود دو سیستم با خواص فیزیکی متضاد (سنگ و شکاف) فرآیندهای جریان سیالات در مخازن شکافدار بسیار پیچیده تر از مخازن معمولی می باشد. در مخازن معمولی در حالت کلی سه ناحیه کلاهک گازی، لایه نفتی و بستر آبی وجود دارد که نفت لایه نفتی در برداشت اولیه، تحت چهار مکانیزم انبساط کلاهک گاز، رانش بستر آبی، انبساط حجم مخزن در اثر افت فشار و آزاد شدن گاز همراه تولید می گردد.

در مخازن شکافدار با توجه به خاصیت تراوایی بالای شکافهای عمودی به نسبت سنگ مخزن، سطح تماس گاز و نفت و سطح تماس آب و نفت در شکافها نسبت به بلوک سنگ ها پیشی گرفته و در نتیجه نواحی بلوکهای نفتی احاطه شده با گاز و بلوکهای نفتی احاطه شده با آب با گذشت زمان تشکیل و گسترش بیشتری می یابد. هم اکنون قسمت عمده مخازن شکافدار

www.SID.ir

Archive of SID

اصلی ایران (از جمله گچساران، آغاجاری، هفتگل، . . .) بصورت درآمده و مکانیزم فعال تولید در آنها ریزش ثقلی می باشد. در پایین این گروه از مخازن نیز مکانیزم آشام و یا ریزش (با توجه به خاصیت ترشوندگی سنگ مخزن) در ناحیه فعال می باشد.

۳-۱ تاثیر منفی افت فشار

افزایش دبی تولید و عدم تزریق سیال جانشین (روش های ازدیاد برداشت) بمرور پدیده های ذیل در مخزن فعال خواهد گردید:

- ✓ افزایش کشش سطحی و در نتیجه افزایش میزان نفت باقیمانده در بلوک ها به دلیل افزایش نیروی موئینگی در نواحی بلوکهای نفتی احاطه شده با گاز.
- ✓ غوطه ور شدن بلوک های حاوی نفت در آب (قبل از تخلیه کامل) و تبدیل جریان از حالت همسو (Co-current) به حالت غیر همسو (Counter-current) و در نتیجه کاهش دبی تولید و میزان نفت قابل استحصال از بلوکهای نفتی احاطه شده با آب.
- ✓ آزاد شدن گاز که سبب کاهش تراوایی مؤثر نفت و در نتیجه کاهش دبی جریان در لایه نفتی خواهد گردید.
- ✓ با توجه به اینکه اکثر مخازن شکافدار دارای آسفالتین می باشند، افت فشار مخزن شرایط قرار گرفتن مخزن در محدوده رسوب آسفالتین در مخزن را فراهم می نماید که در نتیجه آن خلل و فرج سنگ مخزن مسدود و دبی تولید کاهشی شدیدی خواهد داشت.
- ✓ در صورت افت فشار مخزن، ضخامت دهانه شکافها کاهش و در نتیجه تراوایی شکافها کمتر شده که در نهایت با عنایت به اینکه مسیر عمده تولید از شکافها می باشد، تاثیر قابل ملاحظه ای بر کاهش دبی تولید نفت خواهد داشت.
- ✓ اکثر مخازن گازی کشور از نوع گاز میعانی می باشند که با دبی زیاد و افت فشار ناشی از آن فشار مخزن به زیر فشار شبنم کاهش یافته و در نتیجه اجزاء با ارزش موجود در گاز در داخل مخزن به صورت مایع (قطرات پراکنده شده در کل مخزن) محبوس می شود که علاوه بر کاهش تراوایی و در نتیجه کاهش دبی تولید چاه ها، میزان میعانات تولیدی در واحدهای بهره برداری (با ارزش اقتصادی زیاد) بمیزان قابل ملاحظه ای افت خواهد نمود.

۴- ازدیاد برداشت از مخازن کربناته شکافدار

امروزه از نقطه نظر مهندسی مخزن ثابت شده است که تولید از مخازن نفتی با استفاده از انرژی طبیعی مخزن غیر اصولی ترین روش تولید و در نتیجه کمترین بازدهی را به دنبال خواهد داشت. اولین قدم در تولید صیانتی تزریق سیال ارزان قیمت تر از سیال داخل مخزن (گاز سایر مخازن گازی، گاز تولیدی همراه نفت، مخلوط آب و گاز، گاز های غیر هیدروکربوری) بمنظور جلوگیری از افت فشار شدید مخزن و وارد آمدن خسارت جبران ناپذیر به آن می باشد.

با توجه به پیچیدگی ساختار مخازن و تفاوت در شرایط فیزیکی (فشار، دما) و نوع سنگ و نفت مخازن نمی توان یک الگوی یکسان ازدیاد برداشت برای کلیه مخازن ارایه داد. اما در انتخاب روش ازدیاد برداشت برای مخازن شکافدار کشور می بایستی موارد ذیل را مد نظر قرار داد:

- وجود گاز و یا آب در مجاورت مخازن نفتی کشور (مخازن گازی، گاز همراه نفت، گاز های غیر هیدروکربوری مثل CO_2 و N_2 ، آب رودخانه، آب دریا) سبب شده که تزریق گاز و آب (بر اساس سناریو حاصل از مطالعات مهندسی مخزن) در اولویت قرار گیرد.
- مخازن کربناته شکافدار به طور عمده از لحاظ تر شوندگی مخلوط (Mixed Wet) می باشند و لذا تزریق گاز مناسب ترین روش ازدیاد برداشت برای آنها می باشد.
- میزان دبی تزریق/تولید، تعداد چاههای تزریقی/تولیدی، محل قرار گرفتن چاههای تزریقی/تولیدی و نوع چاه ها (عمودی/انحرافی/ افقی) تأثیر قابل ملاحظه ای در میزان دبی تولید و نفت قابل استحصال از مخازن دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

- شبیه سازهای تجاری از دقت لازم جهت مدل نمودن مخازن شکافدار برخوردار نمی باشند و لذا شبیه سازی مخازن شکافدار نیاز به تجربه کافی داشته و تنها در صورت همخوان بودن نتایج با اصول مهندسی مخازن شکافدار قابل اطمینان و بکارگیری خواهد بود.
- در پاره ای از مخازن فرآیند تزریق متناوب آب و گاز (WAG) می تواند راندمان تزریق گاز و یا آب را به میزان قابل ملاحظه ای افزایش دهد.
- جمع آوری گاز های دی اکسید کربن تولیدی از نیروگاه های حرارتی و واحدهای پتروشیمی و تزریق آن به مخازن نفتی علاوه بر کمک به ازدیاد برداشت از مخازن از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری بعمل خواهد آورد .
- چاههای افقی علاوه بر فراهم آوردن شرایط برقراری ارتباط بین شکافهای عمودی به علت ایجاد افت فشار کمتر در داخل مخزن، کمک مؤثری به جلوگیری از کاهش فشار در اطراف چاههای تولیدی خواهد نمود.
- به منظور جلوگیری از افت فشار مخازن گاز میعانی و هرز روی اجزاء با ارزش گاز در داخل مخازن بکارگیری فرآیند های بازگردانی گاز تولیدی (پس از جدا سازی میعانات آن)، تزریق گازهای غیر هیدروکربوری، تزریق آب... می تواند مفید باشد.

۵- مطالعات موردی

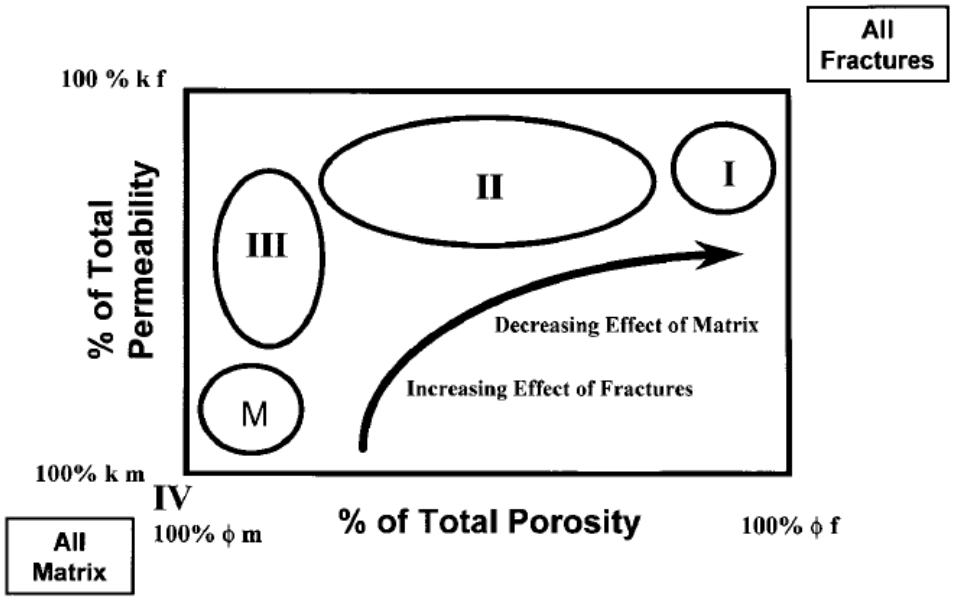
مخازن شکافدار بر اساس خصوصیات و ارتباط ماتریکس و شبکه شکاف ها به چهار گروه تقسیم می شوند:

گروه۱- شبکه شکافها تراوایی و تخلخل موثر در مخزن را فراهم می آورند و بلوک های ماتریکس هیچ گونه دخالتی در میزان و تولید هیدروکربور ندارند.

گروه۲- شبکه شکافها تراوایی موثر در مخزن را تعیین می نمایند و تخلخل موتر در مخزن بر عهده بلوک های ماتریکس می باشد.

گروه۳- شبکه شکافها تراوایی مخزن را افزایش می دهند و بلوک های ماتریکس از تخلخل بالایی برخوردار هستند.

گروه۴- شبکه شکافها هیچ گونه تراوایی یا تخلخلی ندارند و نه تنها سبب افزایش تراوایی نمی شوند بلکه قسمتهای مختلف مخزن را از هم مجزا می نمایند که در این حالت تخلخل و تراوایی موثر توسط بلوک های ماتریکس فراهم می شود شکل(۱).



شکل۱) تقسیم بندی مخازن شکافدار بر اساس میزان درصد تخلخل در مقابل درصد تراوائی

www.SID.ir

Archive of SID

مخازن شکافدار ایران با توجه به خصوصیات ماتریکس و شکاف جزء گروه ۲ و ۳ دسته بندی می شوند.

۵-۱ عوامل موثر در ضریب برداشت در مخازن شکافدار گروه ۲

مخازن گروه دوم دارای مقادیر کمی از تخلخل و تراوائی ماتریکس می باشند. ماتریکس میزان ظرفیت ذخیره را و شکاف جریان عبور سیال را فراهم می نمایند. این مدل بیشتر در سنگهای شکسته شده نظیر دولومیت، آهکهای سخت و ماسه سنگ های سخت دیده می شوند. بر این اساس نمودارهای ضریب بازیافت نهائی در مقابل مقادیر تخلخل مغزه، تراوائی، ویسکوزیته نفت، دانسیته نفت، میزان اشباع آب باقیمانده و نسبت تحرک پذیری دارای ارتباط کمی می باشند. در این گروه ضریب بازیافت نفت بیش از پارامترهای سنگ و سیال به کیفیت شبکه شکافها بستگی دارد. شبکه شکافها در سنگهای بشدت شکسته شده گسترش زیادی دارند که این امر در مخازن دارای سفره آبی ارتباط بیشتر با بخش زیرین و منطقه آبده مخزن را مهیا می سازند. شدت تولید بالا سبب رانش جریان قوی آب و هجوم سریع آن از طریق شبکه شکاف ها به چاه های تولیدی شده و عدم ابزار کنترل بر تولید آب و عدم توانایی در برگشت جریان آب از شکافها مانع برداشت میزان قابل ملاحظه ای از مخزن می شود. دو میدان Yanling و Casablanca مثال های واقعی از بیان حالت فوق می باشند.

میدان Yanling filed، یک مخزن نفتی کربناته شکاف دار در شمال چین می باشد. اکثر چاه های این میدان در بخش بالایی مخرن حفاری و بصورت باز تکمیل شده بودند پس از گذشت دو سال تولید بالا از این میدان، فشار و دبی تولید بطور چشمگیری کاهش یافت. برای جبران این افت شدید سناریو تزریق آب اجرا شد که فقط آب تولیدی از چاه ها را افزایش داد و پروژه با شکست مواجه شد.

میدان Casablanca از نظر خصوصیات مشابه میدان Yanling است اما با بهره برداری دقیق و کنترل نرخ تولید، و کاهش آن در زمان افزایش میزان آب تولیدی (۲٪) توانستند بدون اعمال هیچ بازیافت ثانویه، ضریب بازیافت از میدان را به بیش از ۴۵٪ برسانند که این موفقیت فقط در سایه بهینه سازی میزان جریان و مدیریت دقیق بر میزان تولید و توزیع یکنواخت تولید در کل میدان میسر شد.

۵-۲ عوامل موثر در ضریب برداشت در مخازن شکافدار گروه ۳

در مخازن گروه سوم ماتریکس ها با تخلخل زیاد و تراوائی کم ظرفیت نفت مخزن و شکاف ها مسیر جریان نفت را فراهم می نمایند. این مدل بیشتر در سنگهای منعطف مانند سنگ گچ، دولومیت و شیل ها وجود دارد. از این گروه مخازن شکافدار میدان ElO Fisk در بخش شمالی نروژ و میدان Natih در عمان می باشند که با توجه به خصوصیات مخزنی یکسان عملکرد کاملا متفاوتی را نسبت به سناریوی تزریق آب از خود نشان دادند.

در سال ۱۹۸۰ تزریق آب بصورت متناوب به سه بخش انیدریتی مخزن میدان ElO Fisk آغاز شد. مخازن میدان واکنش مثبتی را به تزریق آب از خود نشان دادند بطوریکه نمودارهای کاهشی، معکوس شده و میزان تولید میدان به حداکثر مقدار خود تا آن تاریخ رسید و ضریب برداشت میدان تحت سناریوی تزریق آب به ۳۵٪ افزایش یافت.

در میدان Natih دارای خصوصیاتی شبیه به میدان EKO Fisk بود و تنها تفاوت آن شروع تولید از اواخر دهه ۱۹۶۰ با حداکثر پتانسیل دبی مخزن بود. در اوایل سال ۱۹۷۰ بمنظور کاهش افت فشار مخزن و افزایش ضریب بهره برداری تزریق آب به این میدان شروع شد، اما هیچ اثر مثبتی در نمودارهای کاهشی نداشت. پس از عدم موفقیت پروژه تزریق آب از سناریو تزریق گاز استفاده گردید که باوجود اینکه تا حدودی گاز تزریقی، سبب کاهش افت فشار در نمودار تولیدی شد ول نتوانست ضریب برداشت را بطور محسوسی افزایش دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- نتیجه گیری

از مطالب ارائه شده در مقاله می توان بطور خلاصه موارد ذیل را بر شمرد:

۱- در اسرع وقت باید تزریق سیال جایگزین به مخازن شکافدار شروع شود.

۲- میزان دبی سیال نقش بسیار کلیدی در موفقیت و عدم موفقیت روش های ازدیاد برداشت آتی دارد.

۳- در هیچ زمان تمام پتانسیل تولیدی چاه مورد استفاده قرار نگیرد.

۴- برای هر مخزنی با توجه به تاریخچه تولید آن و مواردی که سبب بروز مشکل در تولید شده است همچون مخروطی شدن آب و گاز و ... ، میزان دبی تولید بهینه مخزن محاسبه شده و بعنوان بیشینه میزان تولید در نظر گرفته شود.

۵- برای مخازنی که وارد مرحله سوم عمر تولیدی خود شدند از تولید اقماری استفاده شود بطوریکه به ازاء مدت زمانی که از چاه تولید می شود چاه را بسته نگاه دارند. البته باید احتمال رسوب آسفالتین بررسی شود.

مراجع

- *Van Golf-Racht, T.D.: Fundamentals of Fractured Reservoir Engineering: Developments of Petroleum Science 12, Elsevier Scientific Publication Company, New York (1982) 710*
- *Saidi, A. M.: Reservoir Engineering of Fractured Reservoirs: Fundamental and Practical Aspects: Total Edition Press, Paris (1987) 864*
- *The Digital Analogs System, version 3.0(www.ccreservoirs.com)(2003)*
- *Atlas of Oil Fields in China, vol. 1,Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese) (1990).*
- *Kuich, N.: "Seismic Fracture Identification and Horizontal Drilling – Keys to Optimizing Productivity in a Fractured Reservoir, Giddings Field, Texas",Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, vol.39(1989) 153-159.*
- *Christian, T.M., Currie, J.C.,Lantz, T.G., Rismyhr, O., and Snow, S.E.: "Reservoir management at Ekofisk Field",paper SPF 26623 presented at the 68 th SPF Annual Technical Conference, Houston, (1993)10.*
- *C&C Reservoirs Staff: Ekofisk Field, Central North Sea, Norway, Unpublished C&C Reservoirs Internal Report (1996)21-25.*

www.SID.ir